



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**
⑩ **DE 197 40 614 A 1**

⑳ Aktenzeichen: 197 40 614.9
㉔ Anmeldetag: 16. 9. 97
㉕ Offenlegungstag: 18. 3. 99

⑤① Int. Cl.⁶:
G 01 B 21/08
G 01 B 21/02
G 01 B 21/30
G 01 B 11/06
G 01 B 11/30
// B21B 38/00

DE 197 40 614 A 1

⑦① Anmelder:
Betriebsforschungsinstitut, VDEh-Institut für
angewandte Forschung, 40237 Düsseldorf, DE

⑦④ Vertreter:
König, R., Dipl.-Ing. Dr.-Ing.; Bergen, K., Dipl.-Ing.,
Pat.-Anwälte, 40219 Düsseldorf

⑦② Erfinder:
Feldmeyer, Bernd, 47807 Krefeld, DE; Wöeste,
Werner, 40883 Ratingen, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

- ⑤④ Vorrichtung zum Messen von Langprodukten
- ⑤⑦ Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Messen von Langprodukten in Walzwerken wie beispielsweise zum Erfassen der Geradheit, Dicke, Länge und Parallelität von Spezialprofilen, die mit Hilfe eines horizontal längs des Langkörpers verfahrbaren Meßkopfes und in dem Meßkopf befindlichen Sensoren eine Messung mit geringem Aufwand erlaubt und eine vollständige Automatisierung des Meßvorgangs ermöglicht.

DE 197 40 614 A 1

Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zum Messen von Langprodukten in Walzwerken wie beispielsweise zum Erfassen der Geradheit, Dicke, Länge und Parallelität von Spezialprofilen.

Üblich ist es, die Geradheit von Langprodukten durch Sichtkontrolle unter Verwendung von technischen Hilfsmitteln zu erfassen. Die Meßabschnitte werden dabei an einer Bezugslinie – bei kurzen Meßabschnitten ein Lineal – ausgerichtet und die Abweichung von der Bezugsgeraden ebenfalls durch Sichtkontrolle oder mit Hilfe eines Meßkeils erfaßt. Mehrere Meßabschnitte können durch überlappendes Versetzen des Lineals kombiniert werden. Durch Auftragen der Meßwerte in einem Diagramm ist die Krümmung des gesamten Profils erkennbar.

Dieses Verfahren erfordert einen erheblichen Zeitaufwand und wird daher in der Praxis nur stichprobenartig eingesetzt. Zur Vereinfachung des Verfahrens ist es bekannt, bei längeren Meßobjekten als Bezugslinie einen Spanndraht oder eine Schnur zu verwenden. Dieser Technik sind jedoch durch mögliche Eigenbewegungen des Drahtes bzw. der Schnur Grenzen gesetzt. Bei einer Profillänge von über 15 m ist eine genaue Messung nicht mehr möglich.

Der Erfindung liegt das Problem zugrunde, eine Vorrichtung zum Messen von Langkörpern zu schaffen, die genaue Meßwerte liefert, einen geringen Aufwand bei der Messung erfordert und eine vollständige Automatisierung des Meßvorgangs ermöglicht.

Die Lösung des Problems basiert auf dem Gedanken, eine Vorrichtung, die einzelne Meßpunkte des Langkörpers erfaßt, relativ zum Langkörper zu verfahren und eine Aussage über den gesamten Langkörper durch Kombination der einzelnen Meßwerte zu erhalten.

Das Problem wird gelöst durch eine Vorrichtung gemäß Anspruch 1, bei der die einzelnen Meßpunkte über in einem Meßkopf befindliche Sensoren erfaßt werden, wobei der Meßkopf mit dem Sensor bei der Messung relativ zum Langkörper bewegt wird und die vom Sensor erfaßten Daten an einen Rechner übermittelt und der daraus die geometrischen Eigenschaften des Langkörpers errechnet oder rechnerisch in Relation zu einer Bezugsgröße gesetzt werden um Sollabweichungen festzustellen.

Auf diese Weise läßt sich eine hochgenaue Erfassung der Geradheit, Dicke und Parallelität eines Langkörpers erreichen, die für eine lückenlose automatische Datenerfassung in der Fertigstraße geeignet ist. Die erfindungsgemäße Vorrichtung erleichtert insbesondere die bisher schwierige Messung unterschiedlicher bzw. ständig wechselnder Langkörper, wie dies bei Profillängen der Fall ist und erlaubt eine individuelle Anpassung an die meßtechnischen Wünsche des Benutzers sowie eine automatische Messung von in der Produktionsstraße befindlichen Profilen ohne Unterbrechung oder Verlangsamung des Produktionsbetriebs.

Der Meßkopf besteht vorzugsweise aus einer Mehrplattenkonstruktion. Dadurch erhöht sich dessen Steifigkeit und damit die Reproduzierbarkeit der Messung.

Vorzugsweise ist ein Teil des Meßkopfes in der Vertikalen verfahrbar. Hierfür kann eine der Platten als Trägerplatte dienen, während eine zweite Platte, die Meßsensoren trägt und vertikal in unterschiedlichen Höhen positionierbar ist. Mit Hilfe der vertikal positionierbaren Sensorplatten läßt sich die Messung in unterschiedlichen Höhen durchführen.

Als Sensoren können optische Triangulationssensoren eingesetzt werden. Diese können als Lichtschnittsensoren ausgebildet sein, die eine Lichtlinie auf die Meßgutoberfläche projizieren, die von einer in einem festen Winkel angeordneten CCD-Kamera (Charge-coupled-device Kamera)

erfaßt wird. Alternativ ist auch der Einsatz höher auflösender Flächenkameras oder digitaler Flächen- oder Zeilenkameras möglich. Aus dem abgebildeten Lichtschnitt lassen sich Abstands- bzw. Geometriewerte errechnen.

Die Sensoren können auch als Abstandssensoren ausgebildet sein. Besonders vorteilhaft ist es, wenn zwei gegensinnige Abstandssensoren in der Horizontalen angeordnet sind. Diese können zusammen mit einem vertikal messenden Lichtschnittsensor eingesetzt werden.

So läßt sich eine Messung in horizontaler und vertikaler Richtung mit dem erfindungsgemäßen System durchführen. Die Sensoren können horizontal verfahrbar sein.

Darüber hinaus kann mit Hilfe einer in der deutschen Offenlegungsschrift 42 29 313 beschriebenen Anordnung auch eine Rauheitsmessung der Oberfläche des Langkörpers durchgeführt werden. Ein Systemrechner dient der Steuerung der Anlage und der Erfassung bzw. Errechnung der Meßwerte.

Die Vorrichtung kann in den Prozeßablauf der Profilstraße integriert werden. Vorzugsweise ist sie nicht in, sondern an der Produktionslinie angeordnet. Dadurch läßt sich die erfindungsgemäße Vorrichtung einer bestehenden Produktionslinie ohne weiteres hinzufügen.

Im folgenden wird die Erfindung anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels des näheren erläutert. In der Zeichnung zeigen:

Fig. 1 eine Draufsicht auf die erfindungsgemäße Vorrichtung zum Messen von Langkörpern und ihre Position in der Produktionsstraße;

Fig. 2 eine perspektivische Ansicht der erfindungsgemäßen Meßvorrichtung;

Fig. 3 eine schematische Schnittzeichnung durch den Meßkopf mit Meßprofil.

Das Gesamtsystem besteht aus einem Meßplatz 1 mit einem Rollgang 2a für Meßprofile 3, Präzisionsfahrbahnen 6, einem Meßkopf 4 und einem Steuerungssystem.

Das Steuerungssystem ist neben dem Zentralrechner mit Subsystemen mit speicherprogrammierbarer Steuerung (SPS) für die Fahrbahnsteuerung und für die Positioniereinheit der optischen Sensoren 15, 18, 19 sowie mit der üblichen DV-Peripherie verbunden. Durch die SPS-Subsysteme wird der Systemrechner für die zeitkritische Meßwelterfassung entlastet. Zur weiteren Entlastung des Systemrechners können Bilderfassungsplatinen mit digitalem Signalprozessor verwendet werden.

Der Meßplatz 1 ist bezüglich der Prozeßstraße hinter einem Speicher 10 für die Meßprofile 3 angeordnet. Der Meßplatz 1 beinhaltet eine Präzisionsfahrbahn 6, die über an Trägern befestigten Verbindungsplatten präzise zum Rollgang 2 ausgerichtet werden kann. Der Rollgang 2a ist auf unteren Trägern 8 gelagert. Die unteren Träger 8 weisen eine hydraulische Zentrier- und Hebevorrichtung auf. Die Präzisionsfahrbahn 6 besteht aus zwei Präzisionsfahrschienen 9 mit innenliegendem Zahnriemenantrieb. Auf jedem Profil wird ein Fahrschlitten geführt. Beide Schlitten sind über eine Platte 11 miteinander verbunden und werden von einem Motor über eine gemeinsame Welle angetrieben. Dies gewährleistet eine versatzfreie Bewegung des Meßkopfes 4.

Der Meßkopf 4 besteht aus einem C-Bügel aus formstabilen Aluminiumplatten. Zur Erhöhung der Steifigkeit findet als Trägerplatte 13 eine Mehrplattenkonstruktion Verwendung. An der Trägerplatte 13 ist eine positionierbare Sensorplatte 14 angeordnet.

Ein Lichtschnittsensor 15 dient der vertikalen Geradheitsmessung. Auf der Sensorplatte 14 sind ferner zwei Positionierschlitten 16, 17 mit optischen Abstandssensoren 18, 19 für die horizontale Geradheitsmessung bzw. Dickenmessung angeordnet. Die Sensorplatte 14 ist auf der Trägerplatte

13 verfahrbar. Dadurch ist eine Geradheitsmessung in unterschiedlichen Höhen möglich, was bei komplexen Meßprofilen 3 die Messung verschiedener Profilsegmente erlaubt. Die Vertikalpositionierung der Sensorplatte 14 erfolgt mit Hilfe eines Schrittmotors. Durch eine Haltebremse kann die Sensorplatte 14 auch in stromlosem Zustand in der vorgeählten Position gehalten werden. An der Sensorplatte 14 befindet sich eine Lichtschranke, die eine Kollision der Meßeinrichtung mit dem Meßprofil vermeidet.

Mit Hilfe der Abstandssensoren 18, 19 ist neben der Geradheitsmessung auch eine Dickenmessung möglich. Die horizontale Positionierbarkeit der optischen Sensoren 18, 19 läßt die Verwendung hochmeßgenauer Sensoren mit kleinen Meßbereichen zu.

Sowohl der Lichtschnittsensor 15 als auch die optischen Abstandssensoren 18, 19 arbeiten nach dem Triangulationsprinzip. Dabei wird zwischen der Beleuchtungs- und der Beobachtungsrichtung ein Winkel aufgespannt. Das von der Objektoberfläche rückgestreute Licht fällt auf eine positionsempfindliche Zeile des Abstandssensors 18, 19 oder eine positionsempfindliche Fläche des Lichtschnittsensors 15. Aus den geometrischen Werten lassen sich dann die Abstände errechnen.

Als Lichtquelle für den Lichtschnittmeßkopf wird eine Laserdiode mit Rasterlinse eingesetzt. Beim Lichtschnittsensor 15 findet als Detektor eine kurzzeitbelichtete CCD-Kamera Verwendung.

Optische Abstandssensoren 18, 19 werden als Horizontal-sensoren eingesetzt. Die horizontale Einbaulage der Abstandssensoren 18, 19 hat den Vorteil einer geringen Rauschamplitude bei höherer Rauschfrequenz. Dies ist darauf zurückzuführen, daß der Laserfleck elliptisch ist, wobei dessen Längsachse quer zur CCD-Zeile liegt und die Profiloberflächen der Meßprofile 3 in Längsrichtung geschliffen sind.

Trifft der Laserstrahl bei vertikal angeordnetem Sensor auf die längsgeschliffenen Meßprofile 3, so liegt die Längsachse der Lichtellipse näherungsweise parallel zu den Schleifriefen. Bei einer Bewegung wandert der Lichtfleck auf den Schleifriefen auf und ab, was zu großen Werteschwankungen auf der CCD-Zeile führt. Bei horizontal angeordnetem Sensor überstreicht die Lichtfleckellipse mit ihrer Längsachse mehrere Schleifriefen und bildet dabei einen optischen Mittelwert, was die Rauschamplitude verringert.

Mit dem Lichtschnittsensor 15 kann neben der Geradheitsmessung in der Vertikalachse die Horizontallage des Meßprofils 3 überwacht werden. Ferner läßt sich der Lichtschnittsensor 15 auch zur Kalibrierung der Präzisionsfahrbahn 6 einsetzen.

Die Dickenkalibrierung der Sensoren 18, 19 erfolgt mit Hilfe eines Kalibrierstücks 12 bekannter Dicke. Aus dem Vergleich der gemessenen Dickenunterschiede des Kalibrierstücks 12 mit dessen tatsächlichen Dickenverhältnissen lassen sich Korrekturwerte für den ermittelten Meßwert bestimmen. Während der Kalibrierung wird der Meßkopf 4 verfahren, um Meßfehler aufgrund positionsabhängiger Streueffekte auszuschließen.

Mit Hilfe eines Laserstrahls, der längs der Fahrbahn des Meßkopfes verläuft und der vom Lichtschnittsensor während einer Kalibrierfahrt erfaßt wird, kann die Meßeinrichtung bezüglich ihrer Lage relativ zum Rollgang kalibrieren. Des weiteren können im Wege einer Leerfahrt auch Ungenauigkeiten des Rollgangs erfaßt werden.

Um den Langkörper dann in die gewünschte Position zu bringen, wird dieser vorzugsweise an einem oder zwei Punkten angehoben, an diesen Punkten zentriert und wieder abgesenkt. Dadurch wird das Problem der der Positionierung des Langkörpers im Wege stehenden Reibung, die sich

aus der auf den Rollen aufliegenden Fläche des Langkörpers ergibt, umgangen.

Nachdem das Meßprofil 3 die Richtmaschine 25, die Fräsmaschine 26 und die Schleifmaschine 27 durchlaufen hat, wird es über die Hebeanlagen 28 dem Rollgang 2 des Meßplatzes 1 zugeführt.

Bei der Messung wird das Meßprofil 3 über den Rollgang 2 zum Meßplatz 1 geführt. Nachdem das Meßprofil 3 seine Endposition erreicht hat und der Meßkopf 4 kalibriert ist, kann eine Meßfahrt durchgeführt werden. Die durch den Meßkopf 4 ermittelten Daten werden an den Systemrechner übermittelt und können dort ausgewertet und archiviert werden. Abweichungen von vorgegebenen Toleranzwerten werden am Bildschirm und über ein Ampelwarnsystem signalisiert. Über den Systemrechner erfolgt auch die Initiierung Meßfahrten in Verbindung mit dem SPS-Subsystem. Durch die Verwendung von Subsystemen, die die Meßfahrt nach der Initiierung steuern, ist der Systemrechner nach Initiierung frei für die lückenlose Erfassung der Meßwerte. Dabei werden die durch die optischen Sensoren 18, 19 ermittelten Werte direkt eingelesen, während die vom Lichtschnittsensor 15 ermittelten Werte zunächst durch eine gesonderte Bildverarbeitungsplatine ausgewertet werden. Durch Anpassung des Suchbereichs an das jeweilige Profil und der damit verbundenen Verringerung der Rechenzeit der Bildverarbeitungsplatine müssen schließlich nur wenige Zahlenwerte pro Bild an den Systemrechner übermittelt werden.

Bei der Auswertung der Geradheit im Systemrechner wird zunächst eine Ausgleichsgerade über alle Werte berechnet und eine Ideallinie in die horizontale Bildschirmachse entlang der Meßprofilachse projiziert. Davon ausgehend lassen sich Abweichungen des Profilverlaufs in einem vorgewählten Toleranzrahmen ohne weiteres ermitteln und weiterverarbeiten oder über die DV-Peripherie ausgeben.

Die Dicke des Meßprofils 3 ergibt sich unmittelbar aus den von den optischen Abstandssensoren 18, 19 ermittelten Werten. Durch Messung einer anderen Höhe während der Rückfahrt läßt sich die Parallelität der Stegseiten des Meßprofils 3 aus den Werten der Abstandssensoren unmittelbar bestimmen und bewerten.

Durch exakte Erfassung von Profilanfang und -ende mittels der schnellen Abstandssensoren 18, 19 läßt sich mit Hilfe eines hochauflösenden Inkrementalgebers die Länge des Profils bestimmen.

Die erfindungsgemäße Vorrichtung ist daher sowohl für den Handbetrieb als auch für die halb- und vollautomatische Messung von Langkörpern einsetzbar und liefert exakte schnellverwertbare Meßergebnisse bei minimalem Konstruktionsaufwand.

Patentansprüche

1. Vorrichtung zum Messen der Dicke oder Parallelität oder Länge oder Geradheit oder Rauheit von Langkörpern mit

- einem horizontal längs des Langkörpers verfahrbaren Meßkopf (4),
- in dem Meßkopf (4) befindlichen Sensoren (15, 18, 19),
- Mitteln zur Verwertung der Messungen zu einer Gesamtaussage über den Langkörper.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoren (15, 18, 19) in jeder der dem Langkörper (3) zugewandten Seite des Meßkopfes (4) angeordnet sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßkopf (4) aus einer Doppelplattenkonstruktion besteht.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Meßkopf (4) den Langkörper (3) umgreift.
5. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßelemente des Meßkopfs (4) in der Vertikalen verfahrbar ist. 5
6. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoren (15, 18, 19) längs ihrer Meßlinie verfahrbar sind. 10
7. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens einer der Sensoren ein Lichtschnittsensor (15) ist.
8. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens 15 einer der Sensoren ein Abstandssensor (18) ist.
9. Vorrichtung nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtschnittsensoren (15) in der Vertikalen und die Abstandssensoren (18) in der Horizontalen angeordnet sind. 20
10. Vorrichtung nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Abstandssensoren (18) eine CCD-Zeile aufweisen, die längs zum Langkörper (3) angeordnet ist.
11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 7 bis 10, 25 dadurch gekennzeichnet, daß die Lichtschnittsensoren (15) als kurzzeitbelichtete CCD-Kamera mit Beleuchtung und Rasterlinse ausgebildet sind.
12. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß das Verfahren des Meßkopfs (4) und der Sensoren (15, 18, 19) mit Hilfe von SPS-Subsystemem erfolgt. 30
13. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 12, gekennzeichnet durch eine Anordnung zur Rauheitsmessung der Langkörperoberfläche. 35
14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Anordnung zur Rauheitsmessung am Meßkopf (4) angeordnet ist.
15. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 14, dadurch gekennzeichnet, daß die Kalibrierung des Meßsystems an einem Laserstrahl, der längs der Fahrbahn des Meßkopfs (4) verläuft, erfolgt. 40
16. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Langkörper (3) dadurch entspannt wird, daß er in mindestens einem Punkt angehoben, zentriert in die gewünschte Position bewegt und abgesenkt wird. 45

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen

50

55

60

65

- Leerseite -

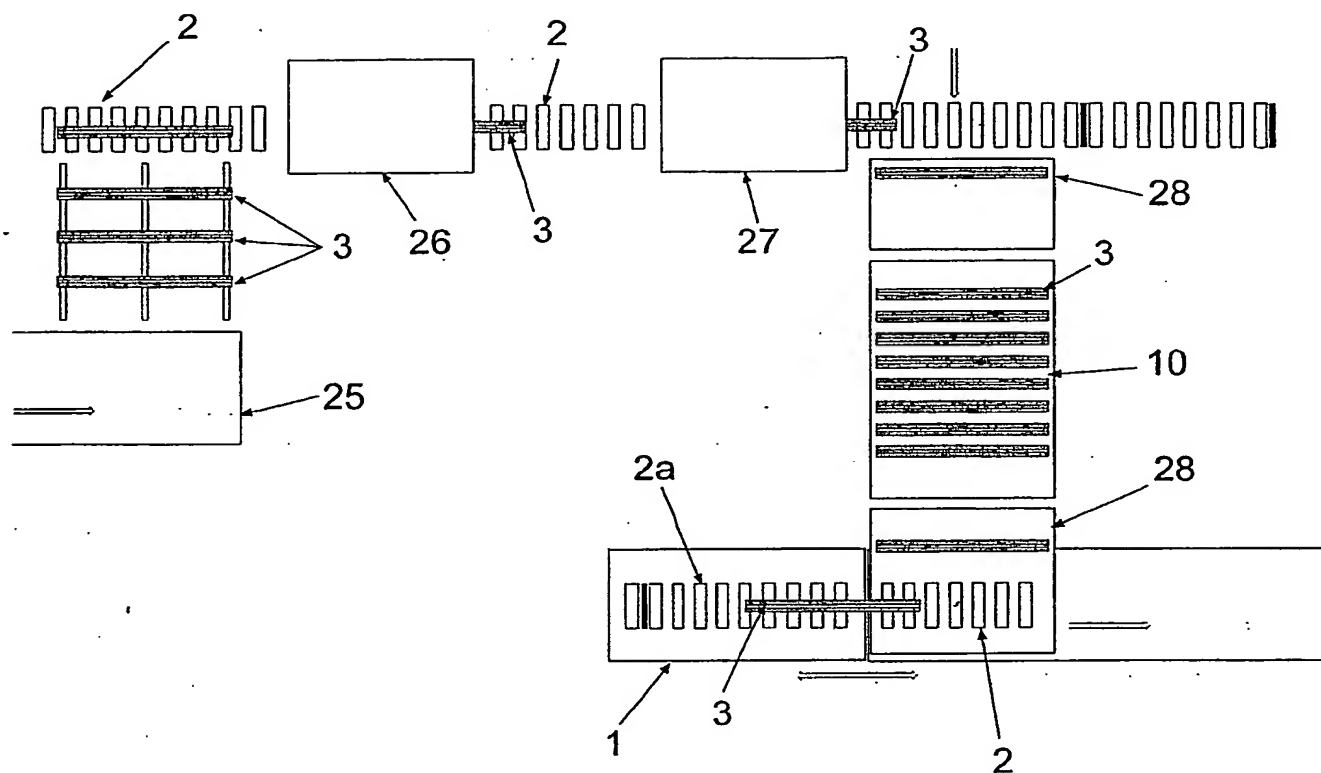


Fig. 1

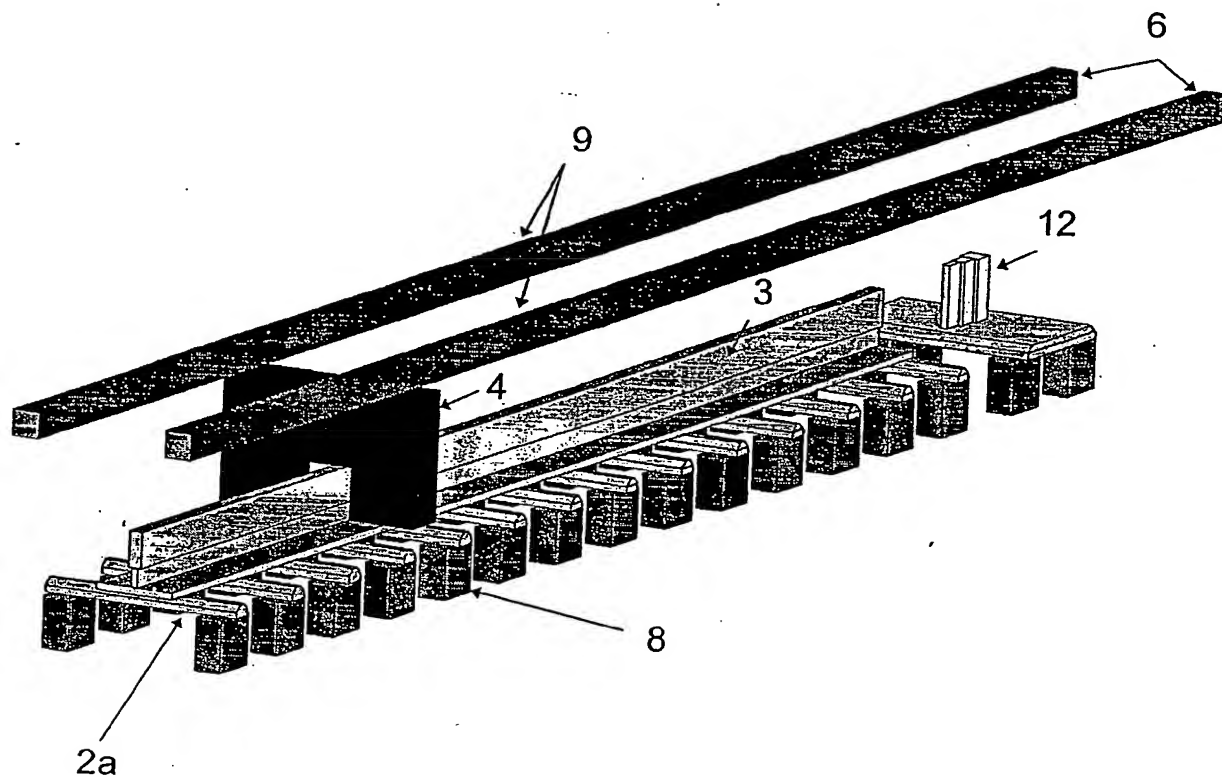


Fig. 2

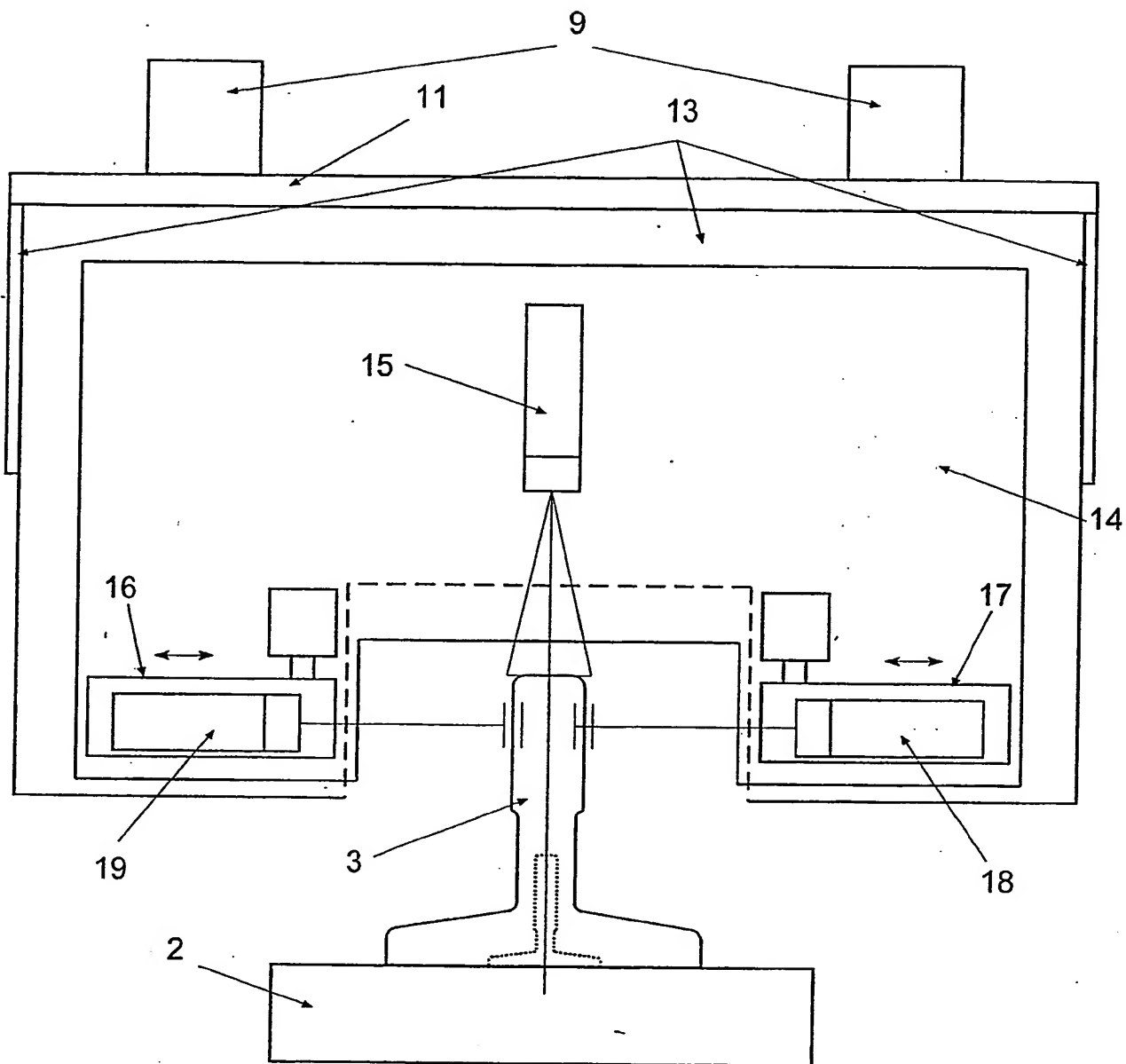


Fig. 3